

coalizão
empresas
pelo clima



PRÁTICAS DE GESTÃO PARA REDUÇÃO DA
EMISSÃO DE GASES DO EFEITO ESTUFA E
REMOÇÃO DE CARBONO NA AGRICULTURA,
PECUÁRIA E ENGENHARIA FLORESTAL BRASILEIRA

O projeto

O projeto “Coalizão de Empresas pelo Clima” é uma iniciativa conjunta da Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável – FBDS e do setor produtivo brasileiro. Tem como objetivos oferecer subsídios para que o Brasil assuma um papel de liderança nas negociações internacionais sobre o clima, bem como propor iniciativas que contribuam para a solução dos problemas gerados pelas mudanças climáticas globais e para a transição para uma economia de baixo carbono.

A coordenação geral dos trabalhos ficou a cargo da FBDS. O ponto de partida do projeto foi a elaboração de quatro estudos técnicos, debatidos em seminários especialmente concebidos para propiciar uma forte interação entre os especialistas nas temáticas abordadas e empresários de diferentes setores da economia. O professor José Goldemberg atuou como mediador dos debates e como relator das conclusões dos seminários. Essa metodologia propiciou a base técnica para a redação de uma Carta Aberta de recomendações ao Governo Brasileiro.

O projeto não se esgota na COP-15, em Copenhague. Trata-se de uma proposta de longo prazo, que deverá reunir outras empresas além dos atuais componentes da Coalizão, para que o setor privado contribua permanentemente na formulação das políticas públicas e as empresas possam avançar com ações efetivas de mitigação, rumo a uma economia de baixo carbono.

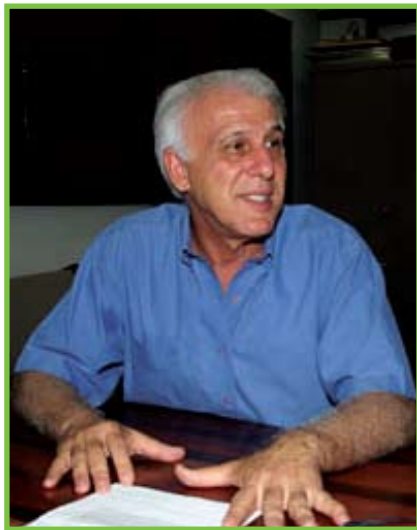
Os Estudos

- 1. Redução de emissões: opções e perspectivas para o Brasil nos setores de energia, transporte e indústria** // Autor: Roberto Schaeffer, professor do Programa de Planejamento Energético (Coppe/UFRJ)
- 2. Redução e abatimento de emissões: opções e perspectivas para o Brasil nos setores agropecuário e florestal** // Autor: Carlos Cerri, pesquisador e professor da Escola Superior de Agricultura da Universidade de São Paulo (Esalq/USP)
- 3. Desmatamento na Amazônia: desafios para reduzir as emissões brasileiras** // Autor: Paulo Moutinho, pesquisador e coordenador geral do Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (Ipam)
- 4. Agenda internacional sobre o clima: as negociações e a posição brasileira** // Autor: Eduardo Viola, professor Titular do Instituto de Relações Internacionais da Universidade de Brasília (UNB).

Grupo de empresas e entidades que compõem a coalizão (até outubro de 2009)

1. AES	11. Grupo Orsa
2. Agropalma	12. Klabin
3. AMBEV	13. Light
4. Arcelor Mittal	14. Nutrimental
5. Bracelpa	15. Rhodia
6. Brenco	16. Saint-Gobain
7. COSAG/FIESP	17. Shell
8. Duratex	18. Suzano
9. FBDS	19. União da Indústria de Cana-de-Açúcar - UNICA
10. Fettransport	20. Veracel

Práticas de gestão para redução da emissão de gases do efeito estufa e remoção de carbono na agricultura, pecuária e engenharia florestal brasileiras



Carlos Clemente Cerri é doutor pelo Instituto de Geociências da USP, mestre e engenheiro agrônomo pela UNESP Jaboticabal. Desde 1998, dedica-se a pesquisas sobre sequestro e carbono do solo e fluxos de gases do efeito estufa em ecossistemas naturais e modificados, mudança do uso da terra e pelas práticas e sistemas de manejo agrícola em clima tropical, com destaque para a Amazônia. Coordena projetos sobre as relações do agronegócio e o aquecimento global, particularmente na avaliação do ciclo de vida do etanol derivado de cana-de-açúcar, biodiesel. Leciona três disciplinas de pós-graduação: Matéria Orgânica do Solo; Agricultura e aquecimento Global; Biocombustíveis e Mudanças Climáticas Globais. É membro titular da Academia Brasileira de Ciências do Brasil, membro da Academia da Agricultura da França e membro do IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change, desde 1993. Recebeu o certificado do Prêmio Nobel da Paz em 2007 pela atuação no IPCC/ONU.

Introdução

É amplamente reconhecido que o Uso da terra, Mudança de uso da terra e Florestas (LULUCF) é um setor fundamental da Mudança climática, ao mesmo tempo (i) responsável por significativo volume liberado de gases do efeito estufa (GEEs) e (ii) com papel e potencial importante na mitigação das mudanças climáticas. A agricultura [o Uso da terra] é responsável sozinha por cerca de 14% do total de emissões antropogênicas globais de GEEs e se espera que tenha grande crescimento nas taxas de emissão, causado principalmente por aumentos de renda e população. O desmatamento é responsável por outros 17%, definindo a contribuição do setor de LULUCF em aproximadamente um terço das emissões globais totais (IPCC, 2007).

O Brasil é um dos maiores emissores de gases do efeito estufa e é bem sabido que a maior parte das emissões brasileiras de GEE, que contribuem para o aquecimento global, vem de queimadas ligadas ao desmatamento do bioma amazônico, e não de combustíveis fósseis, principal culpado na maioria dos países. O Brasil sofre e ainda costuma sofrer pressões para conter a destruição da floresta equatorial amazônica. Os dados oficiais brasileiros mais recentes sobre sequestros e emissões de GEE foram publicados em 2004, num relatório chamado *Comunicação Nacional Inicial do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima* (Brasil, 2004). A segunda parte do relatório incluía o primeiro inventário de GEE, mas compreendia apenas o período entre 1990 e 1994. Esse relatório mostrou que o subsetor *Conversão de florestas* (conhecido como setor de Mudança do uso da terra e Florestas - MUTF) do setor UTMUTF foi o principal fator em 1994, representando 55% das fontes totais de GEE, que somaram 1728 Mt CO₂-eq (CO₂ equivalente), e cerca de 82% das emissões de CO₂. Essa última marca foi reduzida para 75%, considerando o resultado líquido, que inclui um sequestro de CO₂ de 251 Mt.

O setor agrícola agora está diante de uma encruzilhada de questões ligadas à segurança alimentar, subsistência no campo, sustentabilidade ambiental, bioenergia, adaptação e atenuação de mudanças climáticas, em um contexto de negociações importantes e difíceis sobre uma gestão futura do UTMUTF, segundo a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima num acordo internacional após 2012.

De acordo com a Ferramenta de Indicadores de Análise do Clima (CAIT), do World Resources Institute (WRI, 2009), o Brasil estava em sexto lugar no ano de 2005, com emissões de GEE totais de 1005 Mt CO₂-eq, incluindo emissões de CH₄ e N₂O, mas excluindo o MUTF (desmatamento).



Não foram fornecidos dados recentes sobre o setor de UTMUTF no Brasil. Nos últimos dez anos, as atividades do UTMUTF no Brasil sofreram grandes mudanças, e nesse novo contexto, em que a agricultura é mais central do que nunca para a agenda internacional de negociações, é importante identificar a participação real nas emissões de GEE e possíveis sequestros.

Nosso entendimento é de que o foco principal da maioria dos Inventários Nacionais é sobre emissões de GEE. Mas no Brasil, incluímos sequestros em nossas emissões líquidas de GEE. Os sequestros se devem principalmente à fixação do carbono no solo e à fitomassa, resultante de abandono de terras, reflorestamento e práticas avançadas de manejo agrícola.

A Comunicação Nacional do Brasil relatou que em 1994, emissões antropogênicas efetivas de gases do efeito estufa foram estimadas em 1030 Tg CO₂, 13,2 Tg CH₄ e 0,55 Tg N₂O. Relatou também outras emissões menores de GEE (CF₄, C₂F₆, SF₆, HFC-23 e HFC-134a), mas que correspondiam a menos de 0,7% das emissões de CO₂-eq totais e portanto não serão consideradas neste estudo. Foi relatado ainda que, entre 1990 e 1994, as emissões totais de CO₂, CH₄ e N₂O aumentaram até 5%, 6% e 12% respectivamente. Esse valor líquido incluía um sequestro (relativo apenas a emissões de CO₂) de 251 Mt, devido primeiro ao abandono de terras manejadas (204 Mt de CO₂-eq) e depois a mudanças na reserva de florestas e outras biomassas de madeira (47 Mt CO₂-eq).

Considerando apenas as fontes, as emissões de CO₂ somaram o total de 1280,8 Mt e o total correspondente para todos os GEEs foi de 1728 CO₂-eq. Em 1994, o CO₂ era responsável por 74% do volume total de CO₂-eq, seguido pelo CH₄, que representava outros 16%. Emissões de óxido nitroso eram as menos significativas entre esses três gases, representando cerca de 10% do total. Uma análise dos principais gases revelou que, como era amplamente difundido e discutido pela sociedade civil e por cientistas, o desmatamento era o fator que mais contribuía, sendo responsável por mais da metade do total de emissões brasileiras de GEEs.

Contudo, se forem considerados sequestros ligados a reflorestamentos e abandono de terras no cálculo, as emissões líquidas de conversão de campos e florestas seriam de 742,4 Mt de CO₂-eq, o que corresponde a 48,8% das emissões totais. Nesse caso, a contribuição relativa de combustíveis sólidos, fermentação entérica e solo agrícola seria de 15,8%, 13% e 9,8% respectivamente, o que evidencia a tendência presente de reduzir emissões advindas do desmatamento em relação a outros setores.

A fermentação entérica era o terceiro fator emissor de CO₂-eq, mas é de longe o primeiro responsável pelas emissões de CH₄. Entre os principais componentes, o gado de corte é responsável por 82,2% do total da fermentação entérica. O subsetor de solo agrícola inclui fontes diversas de emissões de óxido nitroso, mas uma delas é preponderante, a saber “animais de pasto”, e corresponde à deposição animal de esterco direto no campo. A contribuição dos animais de pasto é 46% das emissões do subsetor, com que o gado de corte soma 34% das emissões. Outras emissões diretas de N₂O dos subsetores de solo agrícola são atribuídas a várias fontes individuais, por exemplo, fertilizantes sintéticos, esterco animal produzido fora do pasto, fixação biológica, resíduos de colheitas, etc.

Em 2009, Cerri et al. lançaram novos dados: o relatório não só atualizou estimativas de emissões de GEE no território brasileiro, como também o cálculo da participação real e estimada do setor agropecuário no Brasil. Os autores mostram que as emissões de CH₄ e N₂O do setor agrícola cresceram 21% e 24% nos anos de 2000 e 2005 respectivamente. O principal fator para o aumento do CH₄ foi o subsetor de fermentação entérica, que foi responsável por mais de 93% do CH₄ liberado tanto em 2000 quanto em 2005.

Portanto, ele representa a maior fonte de CH₄ para a atmosfera. Em termos de emissões de N₂O, descobrimos que o subsetor de solo agrícola representava mais de 95% das emissões nos anos de 2000 e 2005. O subsetor de solo agrícola inclui fontes diretas de emissão de N₂O, como animais de pasto, fertilizantes sintéticos, esterco animal produzido fora do pasto, fixação biológica, resíduos de colheitas, etc.

Mas os animais de pasto ainda são o principal fator, contribuindo com cerca de 40% do subsetor, semelhante ao que ocorria no período de 1990 a 1994. Cerri et al. (2009) apresentam as emissões totais de CO₂-eq e a evolução nos períodos de 2005-1990 e 2005-1994 para os setores de Agricultura e Mudança do uso da terra e Florestas. Descobriu-se que dentro do setor agrícola, a fermentação entérica e solos de agricultura foram as maiores fontes de CO₂-eq. Elas foram responsáveis pelas médias de 53,3% e 41% respectivamente das emissões totais, enquanto outras fontes somaram os 5,7% restantes

(esses valores representam as médias para 2000 e 2005). Além disso, pode-se notar que a emissão no período de 2005-1990 foi maior do que no período de 2005/1994. Esses resultados estão exclusivamente associados ao aumento do rebanho, que era maior entre 2005 e 1990 do que entre 2005 e 1994.

O objetivo deste relatório é apresentar algumas práticas de manejo que não apenas reduzam a emissão de CO₂, N₂O e CH₄, mas também aumente a fixação atmosférica de CO₂ na vegetação e no solo dos setores de agropecuária e florestas brasileiros.





Opções práticas na agricultura para atenuar o aquecimento global

1. Comentários gerais

De acordo com o IPCC (2007), as oportunidades para mitigar os GEEs na agricultura se dividem em três grandes categorias, com base no mecanismo fundamental: i) reduzir emissões, ii) fomentar remoções e iii) evitar ou deslocar emissões.

Reduzir emissões: A agricultura libera volumes significativos de CO_2 , CH_4 e N_2O na atmosfera. O fluxo desses gases pode ser reduzido pelo gerenciamento mais eficiente de fluxos de carbono e nitrogênio em ecossistemas agrícolas. Por exemplo, práticas que fornecem N acumulado de modo mais eficiente às culturas costumam reduzir emissões de N_2O , bem como o manejo do gado para tornar o uso de forragens mais eficiente reduz a emissão de CH_4 . As abordagens que mais reduzem emissões dependem de condições locais e portanto variam de região para região.

Fomentar remoções: Ecossistemas agrícolas guardam grandes reservas de carbono, principalmente em matéria orgânica no solo. Historicamente, esses sistemas perderam mais de 50 Pg de carbono (IPCC, 2007), mas uma parte desse carbono pode ser readquirido através de manejo aprimorado, retirando assim CO_2 da atmosfera. Toda prática que aumente a entrada fotossintética de carbono ou diminua o retorno do carbono armazenado em CO_2 através da respiração, fogo ou erosão aumentará as reservas de carbono, “sequestrando” o carbono ou criando “ralos” de carbono. Muitos estudos no mundo todo têm demonstrado que volumes consideráveis de carbono no solo podem ser armazenados dessa forma, através de um conjunto de práticas próprias às condições locais. Volumes significativos de carbono vegetativo também podem ser armazenados em sistemas agroflorestais ou em outras plantações perenes em terras agrícolas. As terras agrícolas também retiram CH_4 da atmosfera através de oxidação, mas o efeito é pequeno em relação a fluxos de outros GEEs.

Evitar ou deslocar emissões: Culturas e resíduos de terras agrícolas podem ser usados como fonte de combustível, diretamente ou após a conversão para combustíveis como o etanol ou o diesel. Essas matérias-primas bioenergéticas também liberam CO_2 com a combustão, mas esse carbono é de origem atmosférica recente (via fotossíntese) e não carbono fóssil. O benefício efetivo dessas fontes de bioenergia para a atmosfera é equivalente ao deslocamento de emissões de combustíveis fósseis, descontadas as emissões resultantes de produção, transporte e processamento. As emissões de GEEs, especialmente CO_2 , podem ainda ser evitadas por práticas de gestão agrícola que previnam o cultivo de novas áreas com floresta, pastagens e outros tipos de vegetação não agrícola (IPCC, 2007).

2. Principais ações práticas na agricultura

2.1. Adoção de sistemas de gestão de plantio direto

O plantio direto deve ser o sistema mais antigo de manejo de terras. Em algumas regiões tropicais, o plantio direto ainda é praticado como parte da agricultura de queimadas. Depois de limpar uma área de floresta através de queimada controlada, a semente é colocada diretamente no solo. Contudo, com o desenvolvimento de sistemas de agricultura mais meticulosos, o cultivo do solo se tornou prática aceita como meio de preparação de um ambiente mais apropriado ao cultivo. Pinturas em tumbas do Antigo Egito retratam homens preparando o campo com arados puxados por bois, antes do plantio. Na verdade, a preparação do solo simbolizada pelo arado de cunha se tornou quase sinônimo de agricultura (Dick & Durkalski, 1997). O plantio direto pode ser definido como um sistema de produção em que o solo é deixado intacto desde a colheita até o plantio, exceto pela aplicação de fertilizantes.

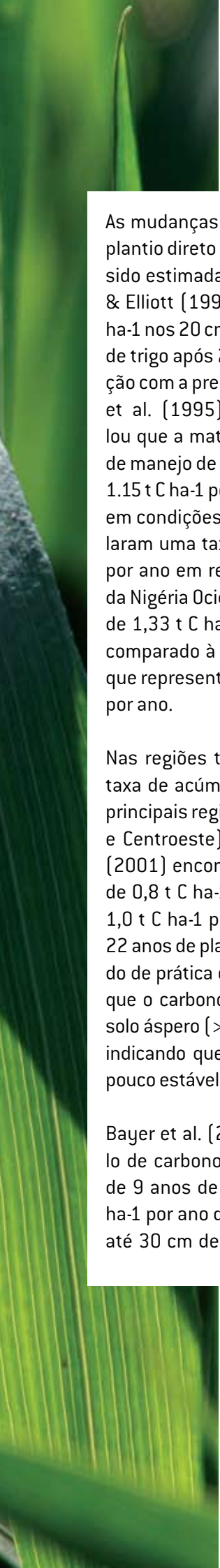
A conversão da vegetação nativa em campo cultivado pelo sistema tradicional direto resulta na diminuição significativa do conteúdo de matéria orgânica no solo (Paustian et al., 2000; Lal, 2002). Métodos de preparação agrícola mecânica, como o arado de cunha para preparação da sementeira ou uso de grade de discos para controle de ervas daninhas, podem causar perda de carbono do solo através de diversos mecanismos: interrompem agregados, que evitam a decomposição da matéria orgânica do solo (Karlen & Cambardella, 1996; Six et al., 1999; Soares et al., 2005), estimulam atividade microbiana através do aumento da ventilação, resultando no aumento dos níveis de CO₂ e outros gases liberados na atmosfera (Bayer et al., 2000a,b; Kladvko, 2001) e misturam novos resíduos ao solo, onde as condições para decomposição costumam ser mais favoráveis do que na superfície (Karlen & Cambardella 1996; Plataforma Plantio Direto, 2006). Além disso, a preparação pode deixar o solo mais propenso à erosão, o que resulta em maior perda de carbono (Bertol et al., 2005; Lal, 2006).

Práticas diretas, por outro lado, causam menor perturbação do solo, o que geralmente resulta em significativo acúmulo de carbono (Sá et al., 2001; Schuman et al., 2002) e na consequente redução de emissões de gás na atmosfera, especialmente CO₂ (Lal, 1998; Paustian et al., 2000), comparada à preparação tradicional. Há evidências consideráveis de que as principais consequências se dão nas camadas superiores do solo, com poucos efeitos sobre o acúmulo de carbono nas camadas mais profundas (Six et al., 2002).

Hoje, aproximadamente 63 milhões de hectares no mundo estão sob sistemas de plantio direto e os EUA têm a maior área (Lal, 2006). No Brasil, o sistema de plantio direto começou na região Sul (estado do Paraná) em 1972 como alternativa ao mau uso da terra, que levava à erosão (Denardin & Kochhann, 1993). Os princípios básicos de manejo de terra que levaram ao desenvolvimento de sistemas de plantio direto no Brasil visavam a prevenir a compactação da superfície causada pelo impacto da chuva e a atingir e manter uma estrutura de solo aberto e a redução do volume e da velocidade do escoamento superficial. Consequentemente, a estratégia de plantio direto se baseava em das práticas agrícolas essenciais: (i) não preparar e (ii) manter o solo constantemente coberto. Essa estratégia alternativa se expandiu rapidamente para outros estados e a área de plantio direto vem crescendo exponencialmente desde então.

No início dos anos 1990, a área coberta pelo sistema era de 1 milhão de hectares, tendo aumentado 10 vezes até 1997. Hoje, há cerca de 20 milhões de hectares cobertos por práticas de plantio direto (Febrapdp, 2006), o que deixa o Brasil na segunda posição. Essa expansão não está ocorrendo apenas como resultado da conversão da preparação tradicional na região Sudeste (72%), mas também após o surgimento de uma savana natural no Centroeste (28). Mais recentemente, devido aos altos lucros, colonos na região amazônica vêm convertendo antigas pastagens em campos de plantio direto de soja e milho.





As mudanças nos acúmulos de carbono no solo sob plantio direto em regiões tropicais e temperadas têm sido estimadas em estudos anteriores. Cambardella & Elliott (1992) mostraram um aumento de 6,7 t C ha⁻¹ nos 20 cm superiores em um sistema de rotação de trigo após 20 anos de plantio direto, em comparação com a preparação tradicional, segundo Reicosky et al. (1995), a revisão de várias publicações revelou que a material orgânica aumentou em sistemas de manejo de conservação, com taxas que iam de 0 a 1.15 t C ha⁻¹ por ano e com taxas de acúmulo maiores em condições temperadas. Lal et al. (1998) calcularam uma taxa de sequestro de 0,1 a 0,5 t C ha⁻¹ por ano em regiões temperadas. Na região tropical da Nigéria Ocidental, Lal (1997) observou o aumento de 1,33 t C ha⁻¹ durante oito anos de plantio direto, comparado à preparação tradicional para o milho, o que representa uma taxa de acúmulo de 0,17 t C ha⁻¹ por ano.

Nas regiões tropicais, especificamente no Brasil, a taxa de acúmulo de carbono foi estimada nas duas principais regiões sob sistemas de plantio direto (Sul e Centroeste). Na região Sul, Sá (2001) e Sá et al. (2001) encontraram taxas de sequestro estimadas de 0,8 t C ha⁻¹ na camada de 20 cm da superfície e 1,0 t C ha⁻¹ por ano na profundidade de 40 cm após 22 anos de plantio direto comparado ao mesmo período de prática convencional. Os autores mencionaram que o carbono acumulado era geralmente maior em solo áspero (> 20 μ m) do que em solo fino (< 20 μ m), indicando que a maior parte do carbono adicional é pouco estável.

Bayer et al. (2000a,b) encontraram taxa de acúmulo de carbono de 1,6 t ha⁻¹ por ano de um sistema de 9 anos de plantio direto, comparada com 0,10 t ha⁻¹ por ano do sistema convencional na camada de até 30 cm de acrisol no Sul do Brasil. Corazza et al.

(1999) relatam acúmulo adicional de aproximadamente 0,75 t C ha⁻¹ por ano na camada de 40 cm, devido ao plantio direto na região de savana localizada no centroeste (Tabela 1). Estimativas de Amado et al. (1998) e Amado et al. (1999) indicam uma taxa de acúmulo de 2,2 t ha⁻¹ por ano de carbono orgânico nos primeiros 10 cm do solo. Outros estudos que tratam do sistema de plantio direto na região Centroeste do Brasil (Lima et al., 1994; Castro-Filho et al., 1998; Riezebos & Loerts, 1998; Vasconcellos, 1998; Peixoto et al., 1999; Spagnollo et al., 1999; Resck et al., 2000) relataram taxas de sequestro de carbono do solo de 0 até 1,2 t C ha⁻¹ por ano na camada de 0-10 cm devido à adoção do plantio direto.

Bernoux et al. (2006) relataram que a maioria dos estudos de solos brasileiros apresentava taxas de armazenamento de carbono de 0,4 a 1,7 t C ha⁻¹ por ano nos 40 cm superiores do solo. As taxas mais altas estavam na região do cerrado. Mas os autores destacaram que se deve ter cuidado ao analisar o sequestro de carbono em sistemas de plantio direto. As comparações deverão incluir mudanças no fluxo de gases residuais e não se limitar à consideração do armazenamento de carbono apenas no solo, se a intenção for avaliar todas as implicações sobre o aquecimento global.

Como já mencionado, o sistema de plantio direto no Brasil pode variar significativamente de uma região para outra. Portanto, usamos um valor médio ponderado de 0,5 t C ha⁻¹ por ano em nossos cálculos do acúmulo adicional de carbono na camada superior de 10 cm do solo devido ao plantio direto. Esse valor médio ponderado foi calculado usando taxas de sequestro de carbono do solo na região Sul (72% da área de plantio direto) e na região Centroeste (28% da área cultivada em sistema de plantio direto) como os dados mostrados na Tabela 1.

Tabela 1 - Top subsetor dos contribuintes em emissão no ano de 1994

Subsetor	Setor	Emissão de gases do efeito estufa		
		Principais gases do efeito estufa	Mt CO ₂ - eq	Total (%)
Conversão florestas e pastagens	LUCF	CO ₂	993,5	56,3
Queima de combustíveis fósseis	Energia	CO ₂	240,4	13,6
Fermentação entérica	Agricultura	CH ₄	196,9	11,3
Solo para agricultura	Agricultura	N ₂ O	147,6	8,4
Outros	Todos os setores	-	191,3	10,4

A área total sob sistemas de plantio direto no Brasil é de cerca de 20 milhões de hectares e a taxa média ponderada de acúmulo de carbono no solo devido à adoção do plantio direto é de 0,5 t C ha⁻¹ por ano na primeira camada de 10 cm, considerando uma mudança no total de carbono do solo de cerca de 10 Mt por ano. Além disso, incluímos uma compensação de carbono devido à redução considerável de consumo de combustível (de 60% a 70%) no sistema de plantio direto comparado à preparação convencional (Plataforma Plantio Direto 2006).

É importante mencionar que há muita controvérsia em relação a se o plantio direto realmente sequestra tanto carbono no solo, especialmente levando em conta o perfil completo do solo (Smith et al., 1998). Muitos estudos que analisaram o perfil completo apresentaram ganhos de carbono insignificantes. A quantidade de resíduos retornados, variações nas práticas implementadas e o tipo de clima talvez sejam fatores que influenciam os resultados. Segundo Smith et al. (1998) apenas determinados valores fixos de carbono no solo podem ser ganhos, até um novo limite de equilíbrio, que será revertido se o manejo retornar à preparação convencional.

2.2. Aumento do uso de nutrientes (fertilizantes)

O nitrogênio aplicado como fertilizante, esterco, biosólidos e outras fontes nem sempre é usado de forma eficiente nas culturas. O excedente de nitrogênio é particularmente suscetível a emissões de N_2O . Assim, o aumento da eficiência no uso do nitrogênio pode reduzir emissões de N_2O e indiretamente reduzir emissões de GEE na fabricação de fertilizantes com nitrogênio. Ao reduzir perdas por volatilização e *leaching*, a maior eficiência no uso do nitrogênio pode reduzir também as emissões de N_2O em outros pontos. As práticas que aumentam a eficiência no uso do nitrogênio incluem: Ajuste de taxas de aplicação com base em estimativas precisas das necessidades da cultura (ou seja, agricultura de precisão); uso de fertilizantes de liberação lenta ou controlada ou inibidores de nitrificação (que desaceleram processos microbianos que levam à formação de N_2O); aplicação de nitrogênio quando a perda for menos provável, geralmente logo antes do consumo (melhor programação); aplicação do nitrogênio de forma mais precisa no solo, para torná-lo mais acessível às raízes; ou evitar a aplicação excessiva, além das necessidades imediatas de nitrogênio (IPCC 2007).

2.3. Melhorias na gestão da calagem

Por conta da larga extensão de solos ácidos no Brasil, a calagem costuma ser usada para corrigir a acidez do solo e pode representar importante fonte de CO_2 . Bernoux et al. (2003) apresentam uma primeira estimativa de fluxos líquidos de CO_2 oriundos de *liming of* de solos agrícolas no Brasil no período de 1990 a 2000. As emissões anuais de CO_2 resumidas no Brasil variavam de 4,9 a 9,4 Tg CO_2 por ano com emissão de CO_2 danosa de cerca de 7,2 Tg CO_2 por ano. As regiões Sul, Sudeste e Centroeste somavam pelo menos 92% das emissões totais. Portanto, é necessário aplicar o volume adequado de *limers* para determinados tipos de solo e condições climáticas no Brasil, a fim de evitar grandes emissões de CO_2 sem pôr em risco a função primária na correção da acidez do solo.

2.4. Otimizar mecanização e transporte

A crescente demanda por combustíveis limpos levaram ao crescimento da produção de etanol pelo setor açucareiro. Contudo, para que o país aumente a produção ao mesmo tempo em que minimiza as emissões de gases do efeito estufa, é necessário investir em novas máquinas e sistemas e aumentar a eficiência das seguintes atividades agrícolas:

a) colheita mecanizada da cana-de-açúcar, sem queimadas para todos os tipos de produtor; b) monitoramento e gestão em tempo real de caminhões e tratores, para reduzir emissões de GEE relacionadas à colheita e transporte da cana nas usinas; c) adoção de técnicas agrícolas de precisão, como a aplicação de quantidades certas de fertilizantes – reduzindo assim perdas e minimizando emissões de óxido nitroso (N_2O), um gás do efeito estufa – e de CO_2 de *liming*.



3. Redução de emissões de GEE da produção de biocombustíveis

3.1. Diminuição da pegada de carbono do bioetanol

A cultura da cana oferece uma das fontes de energia renovável de melhor relação custo-benefício prontamente disponível nos países em desenvolvimento (Macedo, 1998). É uma forma eficiente de converter energia solar e, de fato, tem a taxa mais alta de energia por volume de todas as culturas energéticas (Johnson, 2000). A cana-de-açúcar é uma cultura perene com colheita de ciclos anuais. Pode haver até seis ciclos antes do replantio. Geralmente, há apenas um curto pousio entre a aragem da cana antiga e o replantio. No Brasil, a cana-de-açúcar costuma ser plantada como monocultura (Macedo, 1997; Simões et al., 2005). É um recurso altamente flexível, oferecendo alternativas à produção de alimentos, rações, fibras e energia. Essa flexibilidade é valiosa para países em desenvolvimento, nos quais flutuações em preços de *commodities* e condições climáticas podem causar sérias crises econômicas. Na produção de energia de biomassa, a cana-de-açúcar é uma matéria-prima de altíssima eficiência e flexibilidade, fornecendo combustíveis sólidos, líquidos e gasosos (Ripoli et al., 2000). Ela oferece potencial para redução das mudanças climáticas através da substituição de combustíveis fósseis, sem necessidade de subsídios excessivos nem de desenvolvimento de infraestruturas caras (Oliveira et al., 2005).

O programa brasileiro de etanol ainda é o maior programa de redução de CO₂ do mundo (Johnson, 2000; Oliveira et al., 2005). Hoje no Brasil, a cana é cultivada em cerca de 8 milhões de hectares, com produção média anual de aproximadamente 600 milhões de toneladas (Conab 2009). Em 2008 e 2009, foram produzidos 31 milhões de toneladas de açúcar e 27,5 milhões de metros cúbicos de álcool (Unica, 2009).

Há dois procedimentos adotados na colheita da cana-de-açúcar. Tradicionalmente, a ela é queimada no campo poucos dias antes da colheita, para a remoção de folhas e insetos e facilitar o corte manual (Thorburn et al., 2001). Entretanto, desde maio de 2000 essa prática comum vem sofrendo restrições da lei

em algumas áreas do Brasil. Além da emissão de CO₂, outros gases poluentes são emitidos durante o período de queimadas, causando problemas respiratórios e precipitação de cinzas sobre áreas urbanas (Andreae & Merlet, 2001). A lei não será implementada completamente antes de 2030, mas a mecanização da colheita no Brasil cresceu exponencialmente na última década. Em 1997, cerca de 20% dos canaviais brasileiros eram colhidos por máquinas (Silva, 1997) e se estima que cerca de 80% da área plantada na região açucareira mais produtiva do Brasil mecanize a colheita nos próximos 20 anos (Cenbio, 2002).

A atual abordagem mecânica se adapta apenas em declives de no máximo 12% (Luca, 2002) e é provável que as queimadas sejam completamente banidas, se as terras mais íngremes estarão fora da produção de cana, a menos que novos métodos de colheita sejam desenvolvidos (Simões et al., 2005). Pela devolução de resíduos da cultura à superfície, a colheita mecanizada favorece indiretamente o acúmulo de matéria orgânica no solo (Thorburn et al., 2001; Luca, 2002) e a redução de emissões de gás, se comparado ao sistema de queimadas (Andreae & Merlet, 2001).

A contribuição efetiva da indústria canavieira brasileira à evolução do CO₂ atmosférico é uma combinação de três atividades, duas industriais e uma agrícola. A primeira atividade é a substituição da gasolina como combustível pelo álcool. Desde o início da década de 30, o governo brasileiro vem dando incentivo à produção de álcool de cana-de-açúcar, para adicionar à gasolina no setor de transportes (Sociedade Nacional de Agricultura, 2000). Devido à crise do petróleo de 1973 e 1974, as autoridades criaram novos incentivos através do programa brasileiro de álcool, o Proálcool, fomentando a produção em até 10,7 bilhões de litros por ano (Coelho et al., 2000). De 1975 a 2000, foram produzidos 156 milhões m³ de álcool hidratado e 71 milhões m³ de álcool anidro. Considerando que 1 m³ de gasolina é substituído por 1,04 m³

de álcool anidro e 0,8 m³ de álcool hidratado e que a gasolina contém em média 86,5% de carbono (American Petroleum Institute, 1988), calculamos que no período de 1975 a 2000 houve uma compensação de 172 Mt de carbono não-emitado para a atmosfera, o que resulta em uma compensação anual de 6,8 Mt de carbono. De qualquer modo, a produção e o consumo de álcool no Brasil vêm crescendo a cada ano. Se forem usados dados apenas dos últimos 10 anos, a compensação será de cerca de 10 Mt por ano.

O segundo fator de redução associado ao sistema canavieiro é relativo ao uso do resíduo de usinas como combustível. Na moagem, os caules da cana são despedaçados e triturados para extrair o caldo, enquanto o resíduo fibroso, conhecido como bagaço, é queimado para fornecer vapor e eletricidade ao engenho (Luca, 2002). Por exemplo, em 1998 foram produzidas aproximadamente 45 Mt de matéria seca de resíduos de cana-de-açúcar no Brasil (Balanço Energético Brasileiro, 1999). Partindo do princípio de que 2,35 t de resíduos substituem 1 t de combustível fóssil (Macedo, 1997), estimamos que foram compensadas 8 Mt de carbono com o uso de resíduos de cana no engenho, no lugar de combustíveis fósseis. Essa fonte de energia renovável, encontrada principalmente em países em desenvolvimento, tem apelo óbvio nos esforços internacionais para a redução das emissões de carbono. E mais, a descarga orgânica oriunda da produção do álcool, conhecida como vinhaça, pode ser usada como fertilizante ou convertida em gás metano, através de digestão anaeróbica.

As frotas de transporte usadas em usinas de açúcar e destilarias de etanol no Brasil têm sido movidas, em alguns casos, a gás metano (Johnson, 2000). A produção de álcool tem sido vista como um fator valioso na balança comercial externa de países em desenvolvimento, enquanto proporciona benefícios ambientais local e globalmente (Oliveira et al., 2005). Além da atenuação climática e da redução de poluentes locais, ela pode servir como aditivo para octanos, capaz de acelerar a eliminação progressiva da gasolina com chumbo. Os atrativos econômicos e ambientais da cana-de-açúcar como fonte de energia renovável e a variedade de opções de uso cres-

cente dos subprodutos e derivados poderão um dia fazer com que a cana se torne o subproduto, e não o produto principal.

Enfim, a terceira atividade associada à redução de CO₂ no sistema canavieiro é a conversão da colheita sem queimada anterior. Hoje, há 8 milhões de hectares de canaviais no Brasil (Conab, 2009), dos quais aproximadamente 20% (1,5 Mha) são colhidos sem queimadas (Silva, 1997; Oliveira et al., 2005). Sem as queimadas, os resíduos da cana-de-açúcar são devolvidos à superfície do solo, o que é significativo, pois contrasta com o sistema alternativo em que a cana é queimada antes de a colheita para remover folhas verdes e mortas, portanto o carbono devolvido ao solo pela vegetação sobre a superfície é muito pouco. Por exemplo, Blair et al. (1998) encontraram aumento significativo da fração de carbono lábil no tratamento de lixo reciclável comparado a tratamentos de queima de lixo na superfície do solo de duas experiências de gestão de lixo reciclável na Austrália. No sul do Brasil, Feller (2001) relatou que uma média de 0,32 t C ha⁻¹ por ano se acumulou durante 12 anos nos primeiros 20 cm de um oxisol devido a queimadas omitidas. Há outras estimativas, mas para períodos mais curtos sem queimadas. Por exemplo, Luca (2002) relatou aumentos de 2 a 3,1 e de 4,8 a 7,8 t C ha⁻¹ respectivamente para a camada de 5 cm e de 40 cm de profundidade durante os primeiros quatro anos seguidos sem queimadas. O aumento anual correspondente vai de 0,5 a 0,78 t C ha⁻¹ por ano para a camada de 5 cm e de 1,2 a 1,9 t C ha⁻¹ por ano para a camada de 40 cm. Mas a cana-de-açúcar é replantada tipicamente a cada 6 ou 7 anos e as práticas de preparação são comumente usadas. Esse procedimento provavelmente reduziria as altas taxas apresentadas por Luca (2002), caso o estudo cobrisse um período mais longo. Na nossa estimativa de sequestro de carbono, usamos o valor encontrado por Feller (2001), pois representa o mais longo período de colheita sem queimadas no Brasil e incorpora o replantio da cana. Assim, considerando a área sob esse sistema de manejo e a taxa de acúmulo anual de carbono danoso, um total de 0,48 Mt C por ano é sequestrado no Brasil.

Quando a cana é queimada, são emitidos na atmosfera gases do efeito estufa como CH_4 e N_2O . Os resultados de Macedo [1998] mostram que são liberados 6,5 kg CH_4 por hectare na queima da cana de açúcar. Considerando a área total de canaviais sob sistemas de colheita sem queimadas (1,5 Mha) e que o metano tem potencial de aquecimento global 21, calculamos que 0,2 Mt CO_2 -equivalente (0,05 Mt C) não são emitidos para a atmosfera devido à adoção da colheita mecanizada sem queimadas. Exige-se o mesmo cálculo para emissões de N_2O ; entretanto, no momento não há formas adequadas de quantificar esse gás na cana-de-açúcar.

3.2. Diminuição da pegada de carbono do biodiesel

Os problemas do fornecimento de petróleo no mercado mundial durante os anos 30, combinados aos esforços de países europeus para desenvolver fontes alternativas de energia, culminaram na busca por soluções viáveis para a substituição do combustível fóssil. Nesse cenário de pesquisas, o biodiesel tomou lugar de proeminência [Suarez and Maneghetti, 2007].

O biodiesel é considerado uma das alternativas mais promissoras ao *diesel* de petróleo e pode ser usado em carros e outros veículos com motor a *diesel*. Feito a partir de fontes renováveis de energia, o biodiesel emite menos poluentes que o *diesel* e tem sido adotado por muitos países, especialmente na Europa, onde os principais produtores são Alemanha, Itália e França.

Além dos aspectos citados acima, o uso de petróleo como principal fonte de energia tem contribuído, ao longo das décadas, para o aumento dos gases do efeito estufa (GEE) na atmosfera. Os gases mais responsáveis pelo aquecimento global são o CO_2 (dióxido de carbono), CH_4 (metano) e o N_2O (óxido nitroso). Para evitar ou desacelerar as crescentes concentrações de gases do efeito estufa, algumas decisões de atenuação precisam ser adotadas [Adler et al., 2007]. Entre 15 estratégias de redução de C (carbono) com base no uso de novas tecnologias, Pacala e Socolow [2004] identificaram o uso de biocombustíveis como uma alternativa viável.

Em resumo, quando a cana é colhida de forma mecânica sem queimadas no Brasil são sequestradas 0,48 Mt C por ano no solo e se evita a emissão de metano equivalente de 0,05 Mt C por ano. Esse total de 0,53 Mt C por ano é a contribuição do setor agrícola. Além disso, o setor industrial contribui não só com a compensação de 10 Mt C por ano, com a substituição de combustíveis fósseis por álcool no transporte, mas também com 8 Mt C por ano, ao substituir o combustível fóssil na geração de energia para o engenho. Somados os setores agrícola e industrial, a cana-de-açúcar produzida sem queimadas é responsável pela remoção total de 18,5 Mt C por ano da atmosfera.

As preocupações com o aquecimento global estão aumentando e convergiram para políticas de redução da emissão global, segundo as quais é necessária a transição para uma nova matriz de energia que possa substituir o petróleo como matéria-prima. O biodiesel é um combustível derivado de fontes renováveis e possui praticamente as mesmas propriedades do *diesel* fóssil, mas segundo Holanda [2004], pode reduzir emissões líquidas de dióxido de carbono em 78% e emissões de fumaça em 90% e eliminar emissões de óxidos de enxofre.

Biocombustíveis, especialmente o etanol e o biodiesel, são vistos por ambientalistas e líderes de governo como a alternativa mais promissora para atingir a meta de redução da dependência de combustíveis fósseis e das consequentes emissões de CO_2 [Farrell et al., 2006; Ragauskas et al., 2006]. E mais, em alguns casos, os biocombustíveis podem promover suporte e desenvolvimento econômico para a agricultura local [Goldemberg et al., 2007].

Há três princípios gerais que devem orientar a viabilidade de políticas e práticas do uso de biocombustíveis: promover a sustentabilidade e baixos impactos sobre a cadeia de fornecimento com uma pequena pegada ecológica; manter sistemas nativos e culturas essenciais; e finalmente, exigir balanço neutro de carbono. Com a urgência de reduzir as emissões

de GEE na atmosfera, os biocombustíveis com baixa emissão de CO₂ devem ser aceitos com maior facilidade. Claramente, todos os biocombustíveis propostos até o momento, exceto o etanol derivado do milho, têm grande potencial de redução da poluição do ar e diminuição de saídas de CO₂.

Com ênfase no aspecto ambiental, deve ser realizada uma avaliação precisa da cadeia produtiva do biodiesel. Uma importante questão que deve ser levada em conta é o uso de combustíveis fósseis por todo o ciclo de vida do biodiesel, com emissão de gases do efeito estufa na atmosfera. No cultivo agrícola, as maiores emissões de gases do efeito estufa são de N₂O, CO₂ e CH₄ do solo, além de emissões de CO₂ das máquinas agrícolas (Del Grosso et al., 2001; West and Marland, 2002). Sistemas de bioenergia variam de acordo com a duração do ciclo de vida da cultura, produtividade, eficiência da conversão de energia, demanda por nutrientes, entradas de carbono no solo, perdas de nitrogênio e outras características, todas resultantes de operações de manejo. Tais fatores afetam a magnitude dos componentes que contribuem para os fluxos líquidos de perdas de N e GEE. As emissões de N₂O e a lixiviação de NO₃ variam com o volume de fertilizante de nitrogênio aplicado e sua interação com a precipitação, temperatura e textura do solo e rotação de culturas (Adler et al., 2007).

Do ponto de vista ambiental, a primeira justificativa para o uso do biodiesel como substituto para o óleo *diesel* é a proposta de ter um sistema neutro de CO₂. Essa prerrogativa da hipótese é de que todo o CO₂ emitido pela queima é absorvido pela fotossíntese. Mas essa visão não leva em conta a entrada de ener-

gia exigida para plantar, cultivar, colher, transportar, processar e distribuir combustíveis, nem a liberação de CO₂ na queima do biodiesel. Conseqüentemente, o grau em que qualquer biodiesel pode reduzir emissões de CO₂ relativas ao óleo *diesel* depende dos métodos de produção e refino (Turner et al., 2007).

Em resumo, no atual contexto de mudanças climáticas, o uso do biocombustível como substituto do combustível fóssil pode ser considerado a principal medida de atenuação adotada. Em termos de estrutura da cadeia produtiva do biodiesel, o manejo do solo tem papel importante, especialmente sob gestão de conservação e práticas sustentáveis.

O uso de estudos voltados à terra são necessários para avaliar o impacto ambiental da cadeia agrícola do biodiesel. Além de uma análise comparativa das emissões de GEE entre o biodiesel e o diesel fóssil, também é preciso levar em conta o sequestro de carbono no solo no estágio de produção de sementes oleosas. Dentro de um contexto ambiental, ainda são necessários estudos bem como investimentos que contribuam para o uso de matérias-primas com alto potencial, usando o mínimo de recursos naturais como solo e água. Além disso, devem ser consideradas culturas de sementes oleosas que possam se adaptar a condições deficientes de água e fertilidade do solo, como a *jatropha* (pinhão). O cultivo de biomassa de microalgas para a produção de biodiesel atraiu um interesse científico considerável, uma vez que apresenta a possibilidade de produção ambientalmente sustentável de biodiesel para substituição do *diesel* derivado do petróleo (cerca de 40 bilhões de litros por ano).

4. Uso de terras ociosas para agricultura alimentar

Mesmo no contexto do uso da terra, existem áreas com baixa adaptação à produção de culturas alimentares que podem ser voltadas à produção de culturas energéticas, usando espécies que estejam adaptadas às condições da região. No Brasil, a região semi-árida do Nordeste merece atenção especial nessa discussão, pois é uma área ecologicamente frágil, que não suporta sistemas de produção com base em modelos tradicionais de agricultura. O desmatamen-

to excessivo, seguido de técnicas que não preservam nem recuperam a estrutura do solo, é a primeira etapa no processo de desertificação, com impactos perigosos a médio e longo prazos.

Uma questão que tem sido bem discutida com relação ao semiárido nordestino é o uso de práticas de conservação de água e do solo entre os produtores locais, para garantir a produtividade agrícola das terras.

Dentre as alternativas mencionadas para aprimorar os sistemas produtivos integrados à conservação do ambiente do solo estão a erradicação das queimadas, o plantio em curvas de nível, a preservação da umidade do solo junto à planta e a rotação de culturas que forneça e fixe o nitrogênio ao solo.

A mamona é encontrada no semiárido do Nordeste e tem características próprias, como grande resistência à seca, ao calor e à luz (Amorim Neto et al., 1999). A precipitação no semiárido é um dos principais fatores dos altos níveis de produtividade agrícola da mamona (Beltrão, 2004). O cultivo da mamona ocupa lugar de destaque no programa de inclusão social do biodiesel, uma vez que atraiu grande interesse do produtor familiar. Hoje, o estado da Bahia é o maior produtor nacional de mamona, responsável por 92% da produção brasileira. Além do aspecto econômico, a mamona é grande fonte de biomassa e energia e pode contribuir significativamente no sequestro de cerca de 10 t C por hectare, um grande auxílio na reversão do aquecimento global (Beltrão, 2004).

Uma alternativa muito promissora à baixa fertilidade dos solos no semiárido é o cultivo do pinhão, que vem sendo estudado com o intuito de ajudar a suprir a crescente demanda por biodiesel (Lima, 2007).

É uma cultura oleosa com grande potencial de produção de óleo, devido a uma característica essencial que a diferencia de outras culturas oleosas: o ciclo produtivo se estende por mais de 40 anos.

O pinhão produz menos óleo do que a mamona, mas como o produtor não precisa replantar durante mais de 40 anos, o custo da produção pode ser muito reduzido (Albuquerque, 2008). O pinhão tem ainda um sistema de raízes rijas que o torna resistente à seca. Essa cultura cresce em ambientes com precipitação anual mínima de até 200 mm e pode suportar até três anos consecutivos de seca (Saturnino et al., 2005). Com base nessas características e sendo capaz de se desenvolver em solos de baixa fertilidade, o pinhão se tornou uma cultura potencial a integrar o programa de produção de biodiesel na região brasileira do semiárido nordestino (Arruda et al., 2004).

Além do estímulo ao cultivo da mamona, há diversas iniciativas do setor privado e do Governo Brasileiro para coletar informações sobre o sistema produtivo do pinhão nas condições do semiárido do Nordeste. A pesquisa com culturas oleosas na região é ainda muito recente, portanto é necessário procurar informações técnicas para promover sistemas produtivos sustentáveis.



Opções da pecuária para atenuação do aquecimento global

1. Comentários gerais

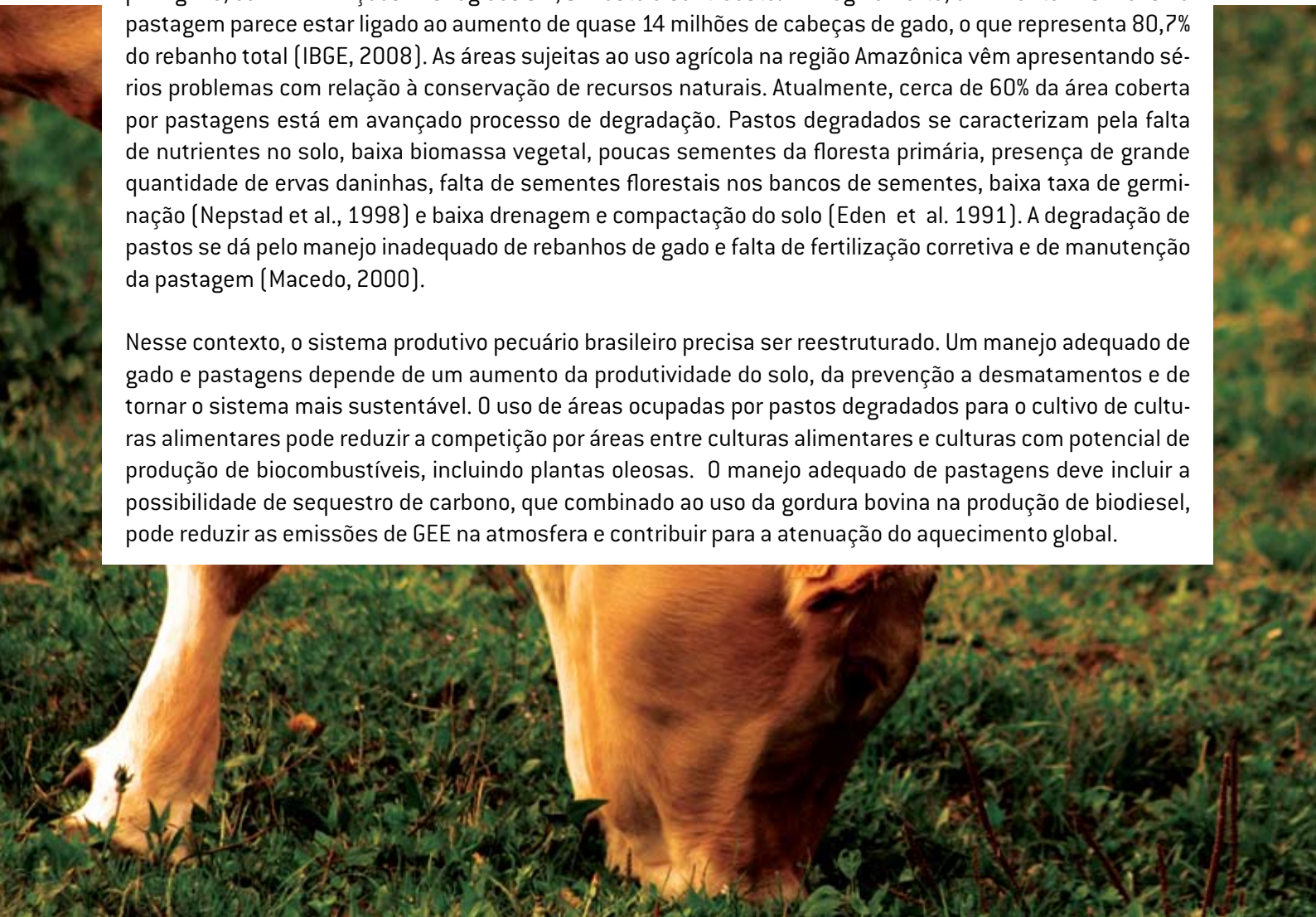
No Brasil, um dos pontos mais importantes a ser considerados é o uso da terra e a ocupação de áreas que poderiam ser usadas para agricultura. É possível relatar a existência de áreas atualmente usadas pelo setor pecuário que poderiam ser mais bem manejadas, permitindo a expansão do cultivo agrícola de grãos, fibras e sementes oleosas.

A produção pecuária no Brasil é preponderantemente uma atividade extensiva, devido à disponibilidade de grandes áreas. Resultados preliminares divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2006) mostram que a área de pastagens no Brasil é de cerca de 172 milhões de hectares, cobrindo quase 50% da área total.

O baixo potencial de uso da terra das pastagens levam o produtor a abandonar terras e limpar outras áreas de floresta para implementar novas pastagens, o que resulta em aumento do desmatamento. Segundo o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, a área desmatada na região amazônica é estimada em mais de 551 mil km². Da área total de terras desmatadas na Amazônia, 45% é coberta por pastagens, 28% por mata secundária originada em pastos abandonados após 1970 e 2% são pastagens degradadas (Fearnside, 1996).

Resultados preliminares divulgados pelo IBGE (2006) mostram que a área de pastagens na região Norte do Brasil aumentou de 24,3 Mha em 1995 para 32,6 Mha em 2006, o que representa um aumento de 33,8% das terras usadas na pecuária. Considerando a extensão total do país, houve uma retração de 3% no uso da terra para gado, com diminuições nas regiões Sul, Sudeste e Centroeste. Na região Norte, o aumento das áreas de pastagem parece estar ligado ao aumento de quase 14 milhões de cabeças de gado, o que representa 80,7% do rebanho total (IBGE, 2008). As áreas sujeitas ao uso agrícola na região Amazônica vêm apresentando sérios problemas com relação à conservação de recursos naturais. Atualmente, cerca de 60% da área coberta por pastagens está em avançado processo de degradação. Pastos degradados se caracterizam pela falta de nutrientes no solo, baixa biomassa vegetal, poucas sementes da floresta primária, presença de grande quantidade de ervas daninhas, falta de sementes florestais nos bancos de sementes, baixa taxa de germinação (Nepstad et al., 1998) e baixa drenagem e compactação do solo (Eden et al. 1991). A degradação de pastos se dá pelo manejo inadequado de rebanhos de gado e falta de fertilização corretiva e de manutenção da pastagem (Macedo, 2000).

Nesse contexto, o sistema produtivo pecuário brasileiro precisa ser reestruturado. Um manejo adequado de gado e pastagens depende de um aumento da produtividade do solo, da prevenção a desmatamentos e de tornar o sistema mais sustentável. O uso de áreas ocupadas por pastos degradados para o cultivo de culturas alimentares pode reduzir a competição por áreas entre culturas alimentares e culturas com potencial de produção de biocombustíveis, incluindo plantas oleosas. O manejo adequado de pastagens deve incluir a possibilidade de sequestro de carbono, que combinado ao uso da gordura bovina na produção de biodiesel, pode reduzir as emissões de GEE na atmosfera e contribuir para a atenuação do aquecimento global.



2. Principais ações práticas para melhoria de pastagens e manejo de pastos naturais

Os pastos naturais ocupam áreas muito maiores que as terras cultivadas e costumam ter manejo menos intenso. Estes são exemplos de práticas sugeridas pelo IPCC (2007) para reduzir emissões de GEE e aprimorar remoções.

2.1. Aumento da intensidade do pastio

A intensidade e a programação do pastio podem influenciar a remoção, crescimento, alocação de carbono e a flora da pastagem, afetando assim o volume de carbono acrescido no solo. O acréscimo de carbono em terras com pastio otimizado é normalmente maior do que em terras sem pastio ou com pastio excessivo. Os efeitos são inconstantes, contudo, graças aos muitos tipos de práticas de pastio empregadas e à diversidade das espécies vegetais, solos e climas envolvidos. A influência da intensidade do pastio na emissão de gases não CO_2 não foi bem definida, à parte dos efeitos diretos de ajustes dos números de rebanhos sobre emissões.

2.2. Aumento da produtividade (incluindo fertilização)

Como para terras plantadas, o armazenamento de carbono em pastos pode ser aumentado por várias medidas que promovem a produtividade. Por exemplo, a diminuição da deficiência de nutrientes com fertilizantes ou corretivos orgânicos aumenta o retorno da deposição de plantas e, portanto, o armazenamento de carbono no solo. A adição de nitrogênio, todavia, geralmente estimula emissões de N_2O , anulando assim alguns dos benefícios. A irrigação de pastagens, da mesma forma, pode promover ganhos de carbono no solo. O efeito real dessa prática, contudo, depende ainda de emissões do uso de energia e outras atividades na terra irrigada.

2.3. Otimização do manejo de nutrientes

Práticas de adição de nutrientes adequadas à absorção das plantas, como as descritas para terras cultivadas, podem reduzir emissões de N_2O . O manejo de nutrientes em pastagens, entretanto, pode ser complicado pela deposição de fezes e urina do rebanho, que não é facilmente controlada nem aplicada uniformemente como os corretivos em terras cultivadas.

2.4. Introdução de novas espécies

A introdução de espécies de capim de maior produtividade ou a alocação de carbono para raízes mais profundas se provaram eficazes no aumento do carbono no solo. Por exemplo, relatou-se que a introdução de capins de raiz profunda em savanas trouxe altas taxas de acréscimo de carbono, embora a aplicabilidade dos resultados não tenha sido amplamente confirmada. Na savana brasileira (bioma do cerrado), estão sendo adotados sistemas agropecuários integrados que utilizam capim brachiaria e nenhuma preparação. A introdução de leguminosas em pastos podem promover o armazenamento de carbono no solo, através do aumento de produtividade das entradas de nitrogênio associadas e talvez reduzissem emissões da fabricação de fertilizantes, se a fixação biológica de N_2 deslocasse o fertilizante N aplicado. Devem ser levados em conta impactos ecológicos da introdução de espécies.



2.5. Aprimoramento de práticas de forragem

As emissões de metano podem ser reduzidas pelo maior uso de concentrados, substituindo normalmente a forragem. Embora os concentrados possam aumentar as emissões diárias de metano por animal, as emissões por quilo consumido e por quilo do produto são quase invariavelmente reduzidas. A magnitude dessa redução por quilo produzido diminui à medida que a produção aumenta. O benefício efetivo dos concentrados, contudo, depende de números reduzidos de animais ou idades mais próximas de abate para bovinos e de como a prática afeta o uso da terra, o conteúdo de nitrogênio no esterco e emissões da produção e transporte de concentrados. Outras práticas que podem reduzir emissões de CH_4 incluem: adição de determinados óleos ou sementes oleosas na dieta; aumento da qualidade do pasto, especialmente em regiões menos desenvolvidas, pois isso aumenta a produtividade animal e reduz a proporção de perda de energia como CH_4 ; e otimizando o consumo de proteínas para reduzir a excreção de nitrogênio e emissões de N_2O .

2.6. Adoção de cruzamento animal e mudanças no manejo de longo prazo

O aumento da produtividade através de cruzamento e práticas de manejo melhoradas, como a redução do número de novilhos de reposição, costumam reduzir a saída de metano por unidade de produto animal. Embora a seleção do gado seja proposta diretamente para reduzir a produção de metano, ainda é impraticável devido a dificuldades em quantificar as emissões de metano com precisão numa escala adequada a programas de criação. Com a maior eficiência, os animais de corte atingem o peso de abate em idade mais baixa, com emissões reduzidas no tempo de vida. Contudo, os efeitos globais de tais práticas podem nem sempre levar à redução das emissões. Por exemplo, a seleção intensiva do gado leiteiro pode reduzir a fertilidade, o que torna necessários mais novilhos de reposição para o rebanho.

2.7. Uso de aditivos alimentares e agentes específicos

Uma ampla gama de agentes específicos, principalmente voltados à supressão da metanogênese, foi proposta como aditivo para reduzir emissões de CH_4 :

- Ionóforos são antibióticos capazes de reduzir emissões de metano, mas o efeito pode ser temporário; foram proibidos nos EUA.
- Compostos halogenados inibem bactérias metanogênicas, mas os efeitos costumam ser também temporários e podem ter efeitos colaterais, como queda de consumo.
- Compostos vegetais originais, como óleos essenciais, saponinas e taninos condensados, podem ter o mérito de reduzir emissões de metano, mas esse efeito pode ser obtido pela redução de digestibilidade da dieta.
- Probióticos, como culturas de levedo, apresentaram efeitos insignificantes, mas a seleção de cepas especificamente para capacitá-los a reduzir o metano podem melhorar os resultados.
- Precursores de propionato, como fumarato ou malato, reduzem a formação de metano agindo como aceitantes alternativos de hidrogênio. Mas como os efeitos são obtidos apenas com altas doses, os precursores de propionato são caros.

- Vacinas contra bactérias metanogênicas estão sendo desenvolvidas, mas ainda não estão disponíveis comercialmente.
- Implantes de crescimento hormonal e somatotrofina bovina (bST) não suprimem especificamente a formação de CH₄, mas reduzem as emissões por quilo de produto animal aumentando o desempenho animal.

3. Redução de emissões do esterco na unidade de engorda do gado

O esterco da unidade de engorda costuma ser devolvido ao solo como fertilizante. A decomposição de matéria orgânica devolve GEE à atmosfera, portanto essa prática não contribui para mitigar a emissão nem diminuir a pegada de carbono. O tratamento do esterco da unidade de engorda do gado promove a redução de emissões de GEE e assim a pegada de carbono bovina. O tratamento adequado de resíduos agrega valor ao preço da carne.

4. Uso da gordura bovina na produção de biodiesel

À parte das sementes oleosas, a gordura animal também pode ser usada na produção de biodiesel. Há algumas diferenças em propriedades físicas entre o biodiesel feito de óleos vegetais e o feito de gordura animal. As principais diferenças são os pontos de turvação e fusão.

O ponto de turvação (PT) ocorre a partir da baixa temperatura e se define como a temperatura em que a formação de cristais se torna visível no biodiesel, indicando solidificação. A partir desse ponto, a redução contínua da temperatura faz com que os cristais se agrupem e formem feixes maiores, que podem restringir ou evitar o livre fluxo em tubulações e filtros, causando problemas ao motor. O ponto de fusão (PF) é definido como a temperatura em que a aglomeração de cristais está avançada o bastante para evitar o livre fluxo de fluidos (Knothe et al., 2006).

O biodiesel produzido da gordura animal tem PT e PF mais altos que os derivados de óleos vegetais. Assim, a formação de cristais no biodiesel de gordura é mais fácil, dificultando o uso em sua forma pura. Entretanto, à mesma temperatura, há pouca diferença entre o biodiesel vegetal e o animal em relação à emissão de poluentes e ao desempenho do motor (Van Gerpen, 1996).

No Brasil, a gordura animal mais adequada à produção de biodiesel é o sebo bovino. O país tem o segundo maior rebanho de gado do mundo e a gordura se apresenta como matéria-prima alternativa para o biodiesel

com boa disponibilidade e alto potencial produtivo.

O sebo é um resíduo gorduroso composto de triglicerídeos em cuja composição há principalmente ácido palmítico (30%), esteárico (20-25%) e oléico (45%) (Graboski and McCormick, 1998)

O potencial brasileiro de produção de biodiesel derivado do sebo bovino pode ser facilmente calculado com base em dados do ano de 2008: cada animal abatido fornece em média 15 kg de sebo utilizável (RBB, 2006). Considerando a produção de biodiesel puro equivalente a 80% e o abate de 22 milhões de cabeças em 2008 (IBGE, 2008), o potencial brasileiro de produção de biodiesel de sebo bovino seria de aproximadamente 400 milhões de litros de biodiesel.

Com relação à qualidade do sebo produzido, ela começa no abate, quando começa o processo de decomposição da gordura. Com a morte do animal, a ação de enzimas e bactérias modificam a coloração e o conteúdo dos ácidos graxos livres. Assim, o controle de enzimas e bactérias antes e durante o processo de abate é um fator essencial na obtenção de um sebo de qualidade. A eficiência do processo de produção de biodiesel depende da qualidade e portanto é preciso monitorar todo o ciclo produtivo, desde o abate do animal, através do controle sanitário eficiente em todos os estágios da produção, até o transporte e armazenamento do produto final.

Opções de engenharia florestal para atenuação do aquecimento global

1. Comentários gerais

Projetos florestais se incluem nas atividades classificadas como UTMUTF e têm posição de destaque no Protocolo de Quioto e Clean Development Mechanisms (CDMs). Devido à capacidade de fixação de carbono no período de crescimento, a produção de espécies agro-florestais é considerada sequestro de CO₂. Florestas plantadas no Brasil absorvem anualmente 63 Mt de CO₂ em média, o que representa três vezes o volume de CO₂ emitido pela indústria de papel e celulose. Portanto, a indústria de papel e celulose, através do plantio de florestas, compensam as emissões e sequestram emissões de outras fontes, prestando um serviço ambiental.

Devido a uma combinação de condições climáticas, biotecnologia e práticas de manejo florestal, os eucaliptos e pinheiros crescem 365 dias por ano, permitindo a colheita a cada 6 ou 7 anos. As taxas de crescimento são de cinco a dez vezes maiores e até 20 vezes, comparadas às de florestas manejadas de clima temperado. O sequestro de carbono por florestas plantadas no Brasil, portanto, é altamente eficiente em comparação a outros países.

O território brasileiro compreende 851 milhões de hectares, dos quais 315 milhões são de terras aráveis (37%). Atualmente, 72 milhões de hectares estão ocupados pela agricultura e 172 milhões de hectares, por rebanhos, com cerca de 71 milhões de hectares restantes. As florestas de eucaliptos e pinheiros usadas na indústria de papel e celulose representam menos de 1% da terra arável no país, uma vez que esse uso da terra se expandiu para terras degradadas e se concentrou no aumento da produtividade por área da unidade.

Ocorrerão medidas de atenuação no cenário de mudança contínua das emissões e remoções de gases do efeito estufa. É fundamental compreender as tendências atuais para avaliar efeitos adicionais das medidas de atenuação. Além disso, o potencial da atenuação depende da herança de padrões de mudança do uso da terra passados e presentes e emissões e remoções associadas. A contribuição do setor florestal nas emissões e remoções de gases do efeito estufa da atmosfera permanecem como matéria para pesquisa intensa, que produziu um vasto conjunto de publicações (IPCC, 2007).

O projeto de um portfólio de atenuação do setor florestal deve considerar as compensações entre o aumento de reservas de carbono em ecossistemas florestais e o aumento da taxa de sustentabilidade da colheita e transferência de carbono para atender às necessidades humanas. As estratégias de seleção para atenuação do setor florestal devem minimizar emissões efetivas em todo o setor e em outros setores afetados por essas atividades de atenuação.



2. Principais ações práticas na engenharia florestal

Com a finalidade deste relatório, apresentamos abaixo as opções sugeridas pelo IPCC (IPCC, 2007) disponíveis para reduzir emissões de fontes e aumentar remoções por sequestro no setor florestal. Estão agrupadas em quatro categorias gerais: i) manutenção ou aumento da área de floresta: reduzir desmatamento e degradação, ii) manutenção ou aumento da área de floresta: florestamento e reflorestamento, iii) aumento da densidade do carbono nos níveis humano e da paisagem e iv) aumento de reservas de carbono em outros locais de produtos de madeira e fomento da substituição de combustível e produto.

2.1. Manutenção ou aumento da área de floresta: reduzir desmatamento e degradação

Reduzir o desmatamento e a degradação é a opção de atenuação com maior e mais imediato impacto sobre reservas de carbono a curto prazo por hectare e por ano não apenas para o Brasil, mas globalmente, porque não são emitidas grandes reservas de carbono (IPCC, 2007) com a prevenção ao desmatamento. Os custos da atenuação do desmatamento reduzido dependem da causa do desmatamento (extração de madeira para aplicação ou combustível, conversão à agricultura, assentamento ou infraestrutura), retornos associados do uso de terra não florestal e de possíveis usos alternativos da floresta e de indenizações pagas ao proprietário da terra, físico ou jurídico, para mudar práticas de uso da terra. Esta seção não discute essa questão, uma vez que ela é o principal foco de outro relatório.

2.2. Manutenção ou aumento da área de floresta: florestamento e reflorestamento

Florestas plantadas com fins industriais no Brasil implicam na preservação de matas nativas devido às exigências muito estritas impostas pela legislação ambiental, como a manutenção de Áreas de Preservação Permanente e Reservas Legais. Hoje 2,8 milhões de hectares de mata nativa são preservados pela indústria de papel e celulose como Reservas Legais e Áreas de Preservação Permanente.

Portanto, não há oposição entre as florestas plantadas com fins industriais e as matas nativas. Por outro lado, a silvicultura brasileira contribui para a regeneração de espécies endêmicas e assim para a preservação da biodiversidade. As espécies do gênero *Eucalyptus spp* representam um grupo de espécies de elevada eficiência fotossintética, ou seja, mesmo apresentando área foliar relativamente baixa em relação à produção de biomassa, são bastante eficientes na remoção de carbono (Reis et al., 1994). Além disso, o eucalipto é comumente utilizado para fins industriais e o Brasil dispõe de terra, clima, tecnologia e material genético melhorado de eucalipto para o estabelecimento de florestas de alto rendimento em grandes extensões (FBDS, 1994). Finalmente, é importante observar que a silvicultura foi integrada à produção agropecuária, proporcionando benefícios a essas atividades.

O florestamento normalmente leva ao aumento de concentrações de carbono de matéria orgânica morta e biomassa e, em menor escala, concentrações de carbono no solo, cujo pequeno aumento costuma ser difícil de detectar dentro de limites incertos. A limpeza da biomassa e a preparação do local antes do florestamento pode levar a perdas de carbono a curto prazo no local. Em locais com baixas reservas iniciais de carbono no solo (por exemplo, após cultivo prolongado), o florestamento pode trazer taxas significativas de acúmulo de carbono no solo. De modo contrário, em locais com altas reservas iniciais de carbono no solo (por exemplo, alguns ecossistemas de pastagem), essas reservas podem cair após o florestamento.

2.3. Aumento da densidade do carbono nos níveis humano e da paisagem

Atividades de manejo florestal para aumentar reservas de carbono florestal no nível humano incluem sistemas de colheita que mantenham cobertura florestal parcial, minimizar perdas de matéria orgânica morta (incluindo detritos) ou de carbono do solo pela redução da erosão do solo e evitando a queima de detritos e outras atividades com alta emissão. O plantio depois da colheita e de distúrbios naturais acelera o crescimento das árvores e reduz perdas de carbono relativas à regeneração natural. Os possíveis benefícios do sequestro de carbono podem ser diminuídos em locais onde o uso de fertilizante cause emissões maiores de N_2O .

Além disso, as grandes empresas têm buscado através de seus Programas de Melhoramento Genético e Florestal a adição e aumento das características herdáveis de acordo com o tipo de produto ao qual a madeira da floresta se destinará. Especificamente para a área de energia e produção de carvão vegetal uma das características herdáveis de maior relevância é a densidade básica da madeira, seguida de teor de lignina, redução de compostos fenólicos e de hemicelulose. Neste aspecto de melhoramento genético e florestal inclui-se também o aumento da produtividade e a resistência a pragas, doenças, déficit hídrico, vento, dentre outros.

2.4. Aumento de reservas de carbono em outros locais em produtos de madeira e fomento da substituição de combustível e produto

Produtos de madeira derivados de florestas com manejo sustentável resolvem a questão da saturação de reservas florestais de carbono. A colheita anual pode ser definida como equivalente ou abaixo do incremento florestal anual, permitindo assim a manutenção ou aumento das reservas florestais de carbono, enquanto proporcionam um fluxo de carbono anual que atende à demanda da sociedade por fibras, madeira e energia. A duração do armazenamento de carbono em produtos de madeira vão de dias (biocombustíveis) a séculos (casas e móveis, por exemplo).

Exemplificando a importância dos plantios florestais comerciais, estimou-se a biomassa da madeira de eucalipto considerando-se a produtividade média de $22 \text{ m}^3/\text{ha.ano}$ para o Estado de Minas Gerais assim como em Reis et al. (1994). Tal valor representa uma hipótese conservativa visto que melhoramentos genéticos podem levar a uma produção de $70 \text{ m}^3/\text{ha.ano}$ (Brandão et al., 1984). Para a densidade média da madeira seca de eucalipto considerou-se o valor de 430 kg/m^3 (Reis et al., 1994). Assim a biomassa resultante é de $9,46 \text{ t/ha.ano}$ ($22 \text{ m}^3/\text{ha.ano} \times 430 \text{ kg/m}^3$).

De acordo com Reis et al. (1994) assume-se que o armazenamento real de carbono de cada compartimento da planta distribui-se da seguinte forma: 22% nas raízes, 10% nas copas e 68% no tronco. Deste modo, do total de biomassa, $2,08 \text{ tC/ha.ano}$ apresenta-se fixos nas raízes, $0,95 \text{ tC/ha.ano}$ nas copas e $6,43 \text{ tC/ha.ano}$ no tronco.

Especificamente para o processo de produção de carvão vegetal para uso industrial oriundo de florestas plantadas sustentáveis, o incremento da densidade resulta no aumento do rendimento gravimétrico da madeira e conseqüente redução de metano de acordo com metodologia específica aprovada pela UNFCCC / IPCC – ONU (AM0041: *Mitigation of Methane Emissions in the Wood Carbonization Activity for Charcoal Production*).

Especificamente para o Brasil, o modelo de manejo florestal desenvolvido hoje pelas empresas se baseia no cultivo mínimo que tem as seguintes características:

As operações iniciam-se pela manutenção de todo o resíduo florestal na superfície do solo, abolindo a prática da queimada. Os resíduos podem ser distribuídos aleatoriamente no campo ou localizados de forma sistemática, visando favorecer as operações subseqüentes de preparo do solo e plantio das mudas.



A manutenção dos resíduos na superfície condiciona a formação do *mulching* e agrega muitos benefícios ao sistema de manejo do solo, iniciando pela manutenção da água no sistema por período mais prolongado.

O preparo do solo, quando mecanizado é realizado através do sulcamento, de maneira a promover revolvimento sub-superficial do solo e dar condições do perfeito desenvolvimento das mudas plantadas. Este tipo de preparo propicia a manutenção quase que total dos resíduos na superfície da área preparada. Em locais não mecanizados o preparo se restringe à abertura de covas para promover a mistura dos fertilizantes e o plantio propriamente dito.

A mecanização adotada neste sistema procura agregar operações num único equipamento, visando maximizar a utilização de máquinas e reduzir sensivelmente o custo com as operações mecanizadas. Desta forma, o equipamento em uso realiza as operações de corte dos resíduos, sulcamento, adubação e aplicação simultânea de herbicidas pré e pós-emergentes quando de sua necessidade.

O uso de herbicidas, embora não obrigatório, tem sido um aliado no sistema de cultivo mínimo do solo. A utilização é condicionada às condições específicas de cada unidade de produção, podendo ser totalmente suprimida se o local não apresentar alta infestação de ervas daninhas e o cronograma de reforma da área for imediatamente após a retirada da madeira,

condições estas, essenciais ao sucesso do sistema de cultivo mínimo. O manejo de resíduos florestais e manutenção deles no solo como praticado hoje pelas grandes empresas florestais contribui para a melhoria e manutenção da fertilidade e estrutura do solo, sendo a biomassa a grande promotora da sustentabilidade ambiental dos sistemas florestais produtivos comerciais.

De acordo com Silva, estudos realizados em nove grandes empresas florestais brasileiras que desenvolvem a prática de cultivo mínimo demonstraram um estoque médio de carbono de 115 toneladas por hectare na profundidade entre 0-100 cm.

Assim como na agricultura, a silvicultura passa por momento de aperfeiçoamento tecnológico. Práticas de mapeamento de solos e determinação de unidades edafo-bioclimáticas para fins de manejo estão ditando a nova silvicultura, ou a silvicultura de precisão.

Este aperfeiçoamento permite a determinação correta de equipamentos e implementos reduzindo emissões oriundas do preparo de solo (ex: trator adequado de acordo com a profundidade de subsolagem), a aplicação de quantidades corretas de fertilizantes, assim como a execução de programas de monitoramento nutricional das florestas em fase de manutenção, tudo isto com resultados positivos no sentido de se evitar emissões desnecessárias oriundas das práticas de manejo florestal.

3. Atenuação pela expansão de áreas reflorestadas

A área a ser reflorestada no Brasil para suprir os mercados interno e externo de celulose e madeira foi estimada em cerca de 3 milhões de hectares pela Sociedade Brasileira de Silvicultura. Essa expansão deve ocorrer especialmente em áreas de pastos degradados para que a produção de alimentos não seja ameaçada. A adoção de práticas conservacionais como a dessecação da vegetação do pasto no lugar da aragem e preparação mínima para o plantio de mudas evitam emissões desnecessárias de GEE.

Panorama da agricultura, pecuária e engenharia florestal

1. Adoção de sistema agropecuário integrado

A integração entre agricultura e pecuária é uma tecnologia tão antiga quanto a domesticação de animais e plantas. No Brasil, a integração agropecuária (IAP) foi amplamente usada, mas a aplicação inovadora foi a introdução dessa prática no sistema de plantio direto (Paulino et al., 2006).

O uso do sistema IAP no plantio direto traz a intensificação do uso da terra, incorporando estrategicamente o pasto no sistema de produção de fibras e grãos, com benefícios mútuos. Esse sistema é capaz de suprir a demanda por terra no Brasil e atender a necessidades econômicas de produtores agrícolas e pecuários sem provocar desmatamento nem problemas ambientais relacionados.

O sistema pode ser definido como: “A integração de duas atividades para maximizar de forma racional o trabalho, infraestrutura e uso da terra, diversificar e verticalizar a produção, minimizar custos, diluir riscos e agregar valor a produtos através dos recursos e vantagens proporcionados por uma atividade à outra” (Machado, et al., 1998).

Segundo Kluthcouski et al. (2006), o uso de capins perenes como a brachiaria na IAP em consorciação, sucessão ou rotação de culturas anuais pode minimizar a degradação do solo através de benefícios aos atributos físicos do solo. O sucesso da IAP não está ligado apenas à produção de biomassa pelo capim. O manejo do pasto, ou a adequação da ocupação animal ao fornecimento de forragem, é um fator importante para a produtividade ideal de capim e portanto para maior qualidade dos resíduos produzidos para a cultura de plantio direto subsequente (Salton, 2005).

Estudos realizados na região do cerrado demonstraram incremento das reservas de carbono em sistemas IAP de plantio direto em comparação com áreas de plantio direto sem forragem na rotação ou sucessão de culturas. Salton (2005) avaliou as taxas de acúmulo de carbono em diferentes sistemas de manejo e uso da terra do cerrado e observou maiores reservas de carbono com o uso de forragem, chegando às seguintes reservas de carbono no solo, em ordem decrescente: pastagem permanente > IAP com plantio direto > cultivo com plantio direto > cultivo com preparação tradicional. O autor relatou taxas de acúmulo de carbono no solo de IAP com plantio direto em comparação a áreas de plantio direto 0,60 e 0,43 Mg ha⁻¹ por ano. Resultados preliminares de Carvalho et al., (na imprensa) na região do cerrado indicam que as taxas de acúmulo de carbono no solo podem ser até maiores com a conversão do plantio direto para IAP com plantio direto, entre 0,8 e 1,5 Mg ha⁻¹ por ano, reduzindo assim as emissões de GEE na atmosfera.





2. Adoção de sistema agroflorestal

O sistema agroflorestal (SAF) é o uso da terra em que as árvores são produzidas em associação com outras culturas perenes ou anuais ou com gado, em diversas combinações de espaço e tempo, usando práticas de manejo adequadas. Existem interações econômicas e ecológicas entre árvores, culturas e animais que resultam em vantagens se comparadas a outros sistemas agrícolas (Nair, 1989; Young, 1989; Rao & MacDiken 1991).

O reconhecimento da agrossilvicultura com estratégia de mitigação de GEE pelo Protocolo de Quioto à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (CQNUMC) oferece uma oportunidade para os praticantes se beneficiarem do mercado global de créditos de carbono (Takimoto et al., 2008).


Segundo Jose (2009), acredita-se que os sistemas agroflorestais (AFS) fornecem uma variedade de serviços de ecossistema. A agrossilvicultura pode ser útil para o acesso a serviços de ecossistema e benefícios ambientais, como: (1) sequestro de carbono, (2) conservação da biodiversidade, (3) enriquecimento do solo e (4) qualidade do ar e da água. Há evidências claras de que o sistema de agrossilvicultura, como parte de um panorama de trabalho multifuncional, pode ser uma opção viável que, além de atenuar a pobreza, oferece uma variedade de serviços de ecossistema e benefícios ambientais. A percepção do sistema agroflorestal como ferramenta integrada para solução de muitos problemas ajuda a promover um sistema de melhor uso da terra aumentando a produtividade e o sequestro de carbono na biomassa e no solo, melhorando a subsistência no campo e evitando muitos dos problemas da monocultura em larga escala, como por exemplo: erosão do solo, degradação da matéria orgânica no solo, etc.

A incorporação de árvores ou arbustos em sistemas agroflorestais pode aumentar o volume de carbono seqüestrado em comparação com campos de monocultura de cultivos ou pastos (Sharrow and Ismail 2004; Kirby and Potvin 2007). Além do volume significativo de carbono armazenado na biomassa da superfície, os sistemas agroflorestais também podem armazenar carbono no subsolo. O maior volume e a forma mais permanente de carbono podem ser sequestrados aumentando a idade de rotação das árvores e arbustos e com produtos mais duráveis a partir da colheita.

O potencial de sequestro de carbono dos sistemas agroflorestais depende do tipo do sistema, da composição de espécies e da idade delas, da localização geográfica, de fatores ambientais e das práticas de manejo. O sucesso na implementação de projetos agroflorestais para a atenuação de GEE depende da vontade de participar do produtor. Foram identificados vários motivos para a introdução de benefícios do sequestro de carbono em práticas agroflorestais de pequenos produtores de países em desenvolvimento. Primeiro, o serviço de sequestro não precisa ser transportado fisicamente e pode assim beneficiar populações em áreas remotas, muitas das quais são muito pobres. Segundo, não há diferença de qualidade: uma molécula de carbono é igual em qualquer lugar; o problema enfrentado por muitos pequenos produtores pela incapacidade de atingir a qualidade exigida pelos mercados internacionais para mercadorias agrícolas não se aplica (Cacho et al. 2003). E mais, mesmo pequenas quantias de renda adicional podem fazer uma grande diferença para esses agricultores de subsistência, que têm muito poucas oportunidades de emprego alternativas para conseguir essa renda adicional.



Considerações finais



No Brasil, a maioria dos esforços de atenuação se concentram nos setores energético e MUTF, com foco sobre o desmatamento da Amazônia. Este último teve grande sucesso, uma vez que as taxas de desmatamento caíram. Por outro lado, a despeito da intensificação do uso do etanol (com o aumento da porcentagem de carros bicombustíveis), o setor energético apresentou o maior nível de aumento (44%). Contudo, deve-se reconhecer que medidas e programas relacionados à energia implementados a partir dos anos 1990 trouxeram uma ampla gama de benefícios à economia brasileira e contribuíram na redução das emissões de carbono em relação ao que era considerado corriqueiro no início da década. Além dos esforços para conter emissões dos setores de energia e desmatamento, hoje é prioridade a implementação de um programa nacional que estimule esforços de atenuação relacionados ao setor agrícola (mais de 27%). Essas opções de atenuação não devem se concentrar apenas na redução de emissões, mas também no aprimoramento do sequestro de carbono. Um programa assim seria de fácil implementação, pois diversas estratégias de atenuação já se provaram eficientes, simples de adotar e economicamente viáveis.

Realização:

Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável - FBDS

Conselho Curador:

Israel Klabin, Jerson Kelman, Maria Silvia Bastos Marques,
Philippe Reichstul, Rubens Ricupero e Thomas Lovejoy

Coordenação Geral:

Walfredo Schindler

Coordenação Técnica:

José Goldemberg

Projeto Editorial:

DaGema Comunicação // www.dagemacomunicacao.com.br

Coordenação Editorial / Textos:

Lilia Giannotti e Luíza Martins

Revisão:

Aimée Louchard

Projeto Gráfico:

Chris Lima // Evolutiva Estúdio / www.evolutivaestudio.com.br

Diagramação:

Mariana Hilario // Evolutiva Estúdio / www.evolutivaestudio.com.br

Realização:



www.fbds.com.br

Apoio:



Embaixada Britânica
Brasília